

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-56728

(P2020-56728A)

(43) 公開日 令和2年4月9日(2020.4.9)

(51) Int.Cl.
G01N 1/08 (2006.01)

F I
G O I N 1/08

テーマコード (参考)
2 G O 5 2

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2018-188589 (P2018-188589)
(22) 出願日 平成30年10月3日 (2018.10.3)

(71) 出願人 504196300
国立大学法人東京海洋大学
東京都港区港南4丁目5番7号
(74) 代理人 100091982
弁理士 永井 浩之
(74) 代理人 100091487
弁理士 中村 行孝
(74) 代理人 100082991
弁理士 佐藤 泰和
(74) 代理人 100105153
弁理士 朝倉 悟
(74) 代理人 100152205
弁理士 吉田 昌司

最終頁に続く

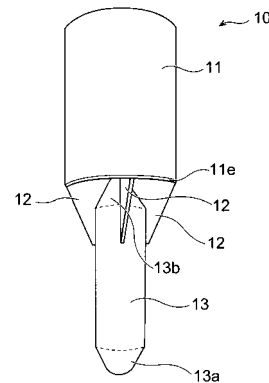
(54) 【発明の名称】 シュー装置、水底地盤貫入試験装置、および水底地盤貫入試験方法

(57) 【要約】

【課題】水底地盤を高い精度で試験するとともに、水底地盤の試料を効率良く採取する。

【解決手段】実施形態に係るシュー装置10は、サンプリングチューブ20の先端部に設けられるシュー装置であって、水底地盤の試料がサンプリングチューブに向かって通過するための内部空間が設けられた胴筒部11と、胴筒部11の内部空間を胴筒部11の中心軸に直交する方向に区画する複数の仕切板部12と、水底地盤を試験するためのセンサが内蔵され、複数の仕切板部12により胴筒部11に支持された計測筒部13と、を備え、計測筒部13は、その先端にコーン部13aを有し、少なくともコーン部13aが胴筒部11から露出するように複数の仕切板部12により支持されている。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

サンプリングチューブの先端部に設けられるシュー装置であって、
水底地盤の試料がサンプリングチューブに向かって通過するための内部空間が設けられた胴筒部と、

前記内部空間を前記胴筒部の中心軸に直交する方向に区画する複数の仕切板部と、
前記水底地盤を試験するためのセンサが内蔵され、前記複数の仕切板部により前記胴筒部に支持された計測筒部と、
を備え、

前記計測筒部は、その先端にコーン部を有し、少なくとも前記コーン部が前記胴筒部から露出するように前記複数の仕切板部により支持されている、シュー装置。

10

【請求項 2】

前記計測筒部は、その後端に、前記胴筒部の奥側にいくにつれて縮径するテーパ部を有する、請求項 1 に記載のシュー装置。

【請求項 3】

前記仕切板部の厚みは、前記胴筒部の奥側にいくにつれて薄くなる、または厚くなる、請求項 1 または 2 に記載のシュー装置。

【請求項 4】

前記胴筒部の先端に切り欠きが設けられている、請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載のシュー装置。

20

【請求項 5】

前記複数の仕切板部は、前記計測筒部の中心軸から均等な間隔で放射状に設けられている、請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載のシュー装置。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載のシュー装置と、
先端部に前記シュー装置が設けられ、前記シュー装置を介して採取された水底地盤の試料を格納するサンプリングチューブと、
前記サンプリングチューブの基端部に接続されたサンプラーヘッドと、
を備える水底地盤貫入試験装置。

【請求項 7】

前記胴筒部の基端側に接続するスリーブケースと、
前記スリーブケースに設けられたスリーブと、
をさらに備える、請求項 6 に記載の水底地盤貫入試験装置。

30

【請求項 8】

前記サンプリングチューブの外径は、前記シュー装置の前記胴筒部の外径よりも小さい、請求項 6 または 7 に記載の水底地盤貫入試験装置。

【請求項 9】

前記サンプラーヘッド、またはその上方の、前記シュー装置とともに鉛直方向に移動する部分に水深を計測するための水圧計が設けられている、請求項 6 ~ 8 のいずれかに記載の水底地盤貫入試験装置。

40

【請求項 10】

前記シュー装置および前記サンプリングチューブを鉛直方向にガイドするための架台をさらに備える、請求項 6 ~ 9 のいずれかに記載の水底地盤貫入試験装置。

【請求項 11】

前記サンプラーヘッドに接続され、前記シュー装置および前記サンプリングチューブを上下に振動させるパイロハンマーをさらに備える、請求項 6 ~ 10 のいずれかに記載の水底地盤貫入試験装置。

【請求項 12】

請求項 11 に記載の水底地盤貫入試験装置を水中に懸垂し降下させる工程と、
前記シュー装置の前記センサによる計測を開始した後、前記水底地盤貫入試験装置を水

50

底地盤に着底させる工程と、

前記水底地盤貫入試験装置を自沈させた後、前記パイプロハンマーによる振動貫入を開始する工程と、

振動貫入を開始してから所定の時間が経過した後、前記水底地盤貫入試験装置を引き上げる工程と、

前記サンプリングチューブから水底地盤の試料を回収するとともに、前記シュー装置から前記センサの記録データを回収する工程と、

を備える水底地盤貫入試験方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、シュー装置、水底地盤貫入試験装置、および水底地盤貫入試験方法に関し、より詳しくは、サンプリングチューブの先端部に設けられ、試料の採取を伴う水底地盤貫入試験に適用可能なシュー装置と、当該シュー装置を利用した水底地盤貫入試験装置と、当該水底地盤貫入試験装置を用いた水底地盤貫入試験方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、陸上地盤の試験手法の一つとして、標準貫入試験 (Standard Penetration Test: SPT) が広く普及している。標準貫入試験では、所定の質量のハンマーと呼ばれる重りを所定の高さから自由落下させてボーリングロッドの上端に取り付けられたノッキングヘッド (ノッキングブロック) を打撃し、その衝撃力によりボーリングロッドを地盤に貫入させる。

20

【0003】

標準貫入試験では、ボーリングロッドの先端に取り付けられた中空のサンプラーを規定貫入量だけ打ち込むのに要する打撃回数を求める。この打撃回数はN値と呼ばれ、地盤の硬軟や締め具合等の評価指標となる。また、サンプラーが地盤に貫入することにより、試験を実施した区間 (深さ) における地盤の試料がサンプラー内に採取される。採取された試料は、所定の深さ (例えば1メートル) ごとにサンプラーとともに回収される。

【0004】

特許文献1には、海底地盤のコアサンプリング装置および方法が記載されている。このコアサンプリング装置は、浮力体および切り離し可能に取り付けたウエイトを備えており、所定の位置における海底地盤を掘削して試料を採取し、その後、ウエイトを切り離し、浮力体の浮力で浮上する。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平7-293182号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献1に記載のコアサンプリング方法の場合、海底地盤の試料を採取することは可能であるものの、ボーリング装置に加えてマニピュレータなども必要となる。そのため、装置が複雑となり、作業に手間と費用が掛かる。また、サンディング機能がないために、地盤の硬軟や締め具合を簡易かつ迅速に調べることはできない。

40

【0007】

上記の標準貫入試験は、陸上の地盤調査手法として広く行われているが、やぐら (架台) を建設することが困難な程度の水深が深い水底地盤の調査に用いることは困難である。その理由として、水没したノッキングヘッドにハンマーを落下させることとなるため、水の抵抗によりハンマーの落下エネルギーを制御することが難しくなるとともにハンマーの衝撃が小さくなり、貫入性能が低下して試験効率が低下することが挙げられる。また、他

50

の理由として、波や潮流、海流の影響を受けてしまい、作業が難しくなり施工性が低下することも挙げられる。このため、N値に基づいて水底地盤を正確に評価することが困難になる。

【0008】

また、水中ではハンマーの衝撃が小さくなるため、貫入性能が低下し、試験効率が低下する。さらに、所定の区間ごとに水中からサンプラーを揚収して試料を回収する必要があるため、水深と調査深度が大きくなるにつれて試験に要する時間と費用が増大する。

【0009】

本発明は、上記の技術的認識に基づいてなされたものであり、その目的は、水底地盤を高い精度で試験することができるとともに、水底地盤の試料を効率良く採取することができるシュー装置、水底地盤貫入試験装置、および水底地盤貫入試験方法を提供することである。

10

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明に係るシュー装置は、
サンプリングチューブの先端部に設けられるシュー装置であって、
水底地盤の試料がサンプリングチューブに向かって通過するための内部空間が設けられた胴筒部と、

20

前記内部空間を前記胴筒部の中心軸に直交する方向に区画する複数の仕切板部と、
前記水底地盤を試験するためのセンサが内蔵され、前記複数の仕切板部により前記胴筒部に支持された計測筒部と、
を備え、
前記計測筒部は、その先端にコーン部を有し、少なくとも前記コーン部が前記胴筒部から露出するように前記複数の仕切板部により支持されていることを特徴とする。

【0011】

また、前記シュー装置において、
前記計測筒部は、その後端に、前記胴筒部の奥側にいくにつれて縮径するテーパ部を有するようにしてもよい。

【0012】

また、前記シュー装置において、
前記仕切板部の厚みは、前記胴筒部の奥側にいくにつれて薄くなる、または厚くなるようにしてもよい。

30

【0013】

また、前記シュー装置において、
前記胴筒部の先端に切り欠きが設けられているようにしてもよい。

【0014】

また、前記シュー装置において、
前記複数の仕切板部は、前記計測筒部の中心軸から均等な間隔で放射状に設けられているようにしてもよい。

【0015】

本発明に係る水底地盤貫入試験装置は、
本発明に係るシュー装置と、
先端部に前記シュー装置が設けられ、前記シュー装置を介して採取された水底地盤の試料を格納するサンプリングチューブと、
前記サンプリングチューブの基端部に接続されたサンプラーヘッドと、
を備えることを特徴とする。

40

【0016】

また、前記水底地盤貫入試験装置において、
前記胴筒部の基端側に接続するスリーブケースと、
前記スリーブケースに設けられたスリーブと、

50

をさらに備えてもよい。

【0017】

また、前記水底地盤貫入試験装置において、
前記サンプリングチューブの外径は、前記シュー装置の前記胴筒部の外径よりも小さいようにしてもよい。

【0018】

また、前記水底地盤貫入試験装置において、
前記サンプラーヘッド、またはその上方の、前記シュー装置とともに鉛直方向に移動する部分に水深を計測するための水圧計が設けられていてもよい。

【0019】

また、前記水底地盤貫入試験装置において、
前記シュー装置および前記サンプリングチューブを鉛直方向にガイドするための架台をさらに備えてもよい。

【0020】

また、前記水底地盤貫入試験装置において、
前記サンプラーヘッドに接続され、前記シュー装置および前記サンプリングチューブを上下に振動させるパイロハンマーをさらに備えてもよい。

【0021】

本発明に係る水底地盤貫入試験方法は、
前記水底地盤貫入試験装置を水中に懸垂し降下させる工程と、
前記シュー装置の前記センサによる計測を開始した後、前記水底地盤貫入試験装置を水底地盤に着底させる工程と、
前記水底地盤貫入試験装置を自沈させた後、前記パイロハンマーによる振動貫入を開始する工程と、
振動貫入を開始してから所定の時間が経過した後、前記水底地盤貫入試験装置を引き上げる工程と、
前記サンプリングチューブから水底地盤の試料を回収するとともに、前記シュー装置から前記センサの記録データを回収する工程と、
を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、水底地盤を高い精度で試験することができるとともに、水底地盤の試料を効率良く採取することができる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】実施形態に係る水底地盤貫入試験装置の側面図である。

【図2】架台を有する水底地盤貫入試験装置の側面図である。

【図3】実施形態に係るシュー装置の側面図である。

【図4】(a)、(b)、(c)は、計測筒部の露出具合が互いに異なるシュー装置の斜視図である。

【図5】実施形態に係るシュー装置の一部縦断面図である。

【図6】(a)は図5のI-I線に沿うシュー装置の断面図であり、(b)は図5のII-II線に沿うシュー装置の断面図である。

【図7】(a)は図5のI-I線に沿う、変形例1に係るシュー装置の断面図であり、(b)は図5のII-II線に沿う、変形例1に係るシュー装置の断面図である。

【図8】図5のI-I線に沿う、変形例2に係るシュー装置の断面図である。

【図9】図5のI-I線に沿う、変形例3に係るシュー装置の断面図である。

【図10】(a)は図5のI-I線に沿う、変形例4に係るシュー装置の断面図であり、(b)は図5のII-II線に沿う、変形例4に係るシュー装置の断面図である。

【図11】スリーブケースのスリーブに試料を採取する場合における、水底地盤貫入試験

10

20

30

40

50

装置の先端部分を示す一部断面図である。

【図 1 2】変形例に係る水底地盤貫入試験装置の先端部分を示す一部断面図である。

【図 1 3】実施形態に係る水底地盤貫入試験方法を説明するためのフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下、本発明に係る実施形態について図面を参照しながら説明する。なお、各図においては、同等の機能を有する構成要素に同一の符号を付している。

【0025】

<水底地盤貫入試験装置>

図 1 を参照しつつ、本実施形態に係る水底地盤貫入試験装置 1 について説明する。

【0026】

水底地盤貫入試験装置 1 は、吊具 5 5 に掛けられた懸垂ロープ 2 0 0 により水中に懸垂され、水底まで降下されて使用される。詳しい使用方法（水底地盤貫入試験方法）については別途後述する。なお、本願において、「水底」とは、海底に限らず、河川や湖沼等の底も含む。

【0027】

水底地盤貫入試験装置 1 は、図 1 に示すように、シュー装置 1 0 と、サンプリングチューブ 2 0 と、サンプラーヘッド 3 0 と、パイロハンマー 4 0 と、動力源 5 0 と、を備えている。

【0028】

シュー装置 1 0 は、サンプリングチューブ 2 0 の先端部に設けられている。後述のように、このシュー装置 1 0 は、水底地盤の試料を採取するとともに、内蔵されたセンサにより荷重等を計測する。

【0029】

サンプリングチューブ 2 0 は、筒状の部材であり、シュー装置 1 0 を介して採取された水底地盤の試料を格納する。試料は、サンプリングチューブ 2 0 内に直接格納されてもよいし、後述するようにスリーブ（採取袋）内に格納されてもよい。

【0030】

サンプリングチューブ 2 0 とシュー装置 1 0 は、例えば、各々の端部に切られたネジにより螺合されることで互いに接続されている。

【0031】

サンプリングチューブ 2 0 の横断面形状は、典型的には円形であるが、本実施形態では、貫入試験の際に中心軸の周りに回転させる必要がないことから、これに限らず、例えば、四角形等の多角形、楕円形などの形状であってもよい。また、本実施形態では乱された試料を採取するため、不攪乱試料をロータリーボーリングによって採取する場合のように、二重管もしくは三重管等の多重管のサンプリングチューブとする必要がなく、単管でよい。これにより、簡易な構成で経済的な水底地盤貫入試験装置を構成することができる。なお、本発明は、従来用いられている二重管もしくは三重管等の多重管のサンプリングチューブの適用を排除するものではない。

【0032】

サンプリングチューブ 2 0 の長さは、調査する水底地盤の深さ（換言すれば、所望の試料の長さ）に応じて決められる。例えば、海洋建築物や海洋構造物の建設のために海底地盤の調査を行う場合、サンプリングチューブ 2 0 の長さは、当該海洋建築物や海洋構造物の杭の長さ程度とする。洋上風力発電所の場合、サンプリングチューブ 2 0 の長さは、例えば 2 0 メートル～3 0 メートル程度である。

【0033】

所要の長さのサンプリングチューブを得るために、短尺のサンプリングチューブを連結して長尺化してもよい。連結方法は、シュー装置 1 0 とサンプリングチューブ 2 0 との接続のように、短尺のサンプリングチューブの端部に形成されたネジによる螺合であっても

10

20

30

40

50

よい。あるいは、サンプリングチューブ 20 よりも太径の接続管を介して短尺のサンプリングチューブ同士を連結してもよい。

【0034】

サンプラーヘッド 30 は、サンプリングチューブ 20 の基端部に接続されている。サンプラーヘッド 30 とサンプリングチューブ 20 は、例えば、各々の端部に切られたネジで螺合されることで接続されている。サンプリングチューブ 20 とサンプラーヘッド 30 は、溶接等により、一体的に形成されていてもよい。ただし、水底地盤のサンプリング深さに応じて、長さの異なるサンプリングチューブを使い分けることを考慮すると、サンプリングチューブ 20 とサンプラーヘッド 30 はネジで接続する方式の方が好ましい。

【0035】

なお、シュー装置 10、サンプリングチューブ 20 およびサンプラーヘッド 30 を総称して、コアパレルまたはサンプラーと呼ぶこともある。

【0036】

シュー装置 10、サンプリングチューブ 20 およびサンプラーヘッド 30 間の接続部分のうち少なくとも 1カ所は、太径の接続管を介してネジで接続されてもよい。具体的には、接続部分に接続管を被せ、接続管と接続部分とをネジで固定してもよい。

【0037】

パイロハンマー 40 は、サンプラーヘッド 30 に接続され、シュー装置 10 およびサンプリングチューブ 20 を上下に振動させる。このパイロハンマー 40 は、少なくとも 1つの弾み車と、モータとを有しており、モータで弾み車を回転させることで振動を起こすように構成されている。モータは、油圧モータでも、電動モータでもよい。海底地盤等、水深の深い位置にある地盤を調査する場合は、耐圧や防水の観点から、パイロハンマー 40 は、油圧モータを用いた油圧式のパイロハンマーであることが好ましい。

【0038】

パイロハンマー 40 は、例えば、チャックと呼ばれる挟持手段（図示せず）により、サンプラーヘッド 30 に設けられた鉛直のプレートを挟持する。

【0039】

動力源 50 は、パイロハンマー 40 上に設けられ、パイロハンマー 40 に動力を供給する。この動力源 50 の動力としては、パイロハンマー 40 に油圧モータを利用する場合には油圧が用いられ、パイロハンマー 40 に電動モータを利用する場合には電力が

【0040】

なお、動力源 50 は、水底地盤貫入試験装置 1 を懸垂する船上に配置されてもよい。この場合、パイロハンマー 40 には、動力源 50 から電力ケーブルを介して電力が供給される、あるいは動力源 50 から油圧ホースを介して油圧が供給される。

【0041】

水底地盤貫入試験装置 1 は、上記構成のほか、水深、貫入深さを計測するために計測器（水圧計、変位計）（図示せず）を備えてもよい。

【0042】

水圧により貫入深さを測る場合、サンプラーヘッド 30、またはその上方の、シュー装置 10 とともに鉛直方向に移動する部分（例えばパイロハンマー 40、動力源 50）に水圧計を配置することが好ましい。これにより、貫入深さを正確に計測することができる。

【0043】

また、変位により貫入深さを測る場合、変位計を架台 60 に配置してサンプラーヘッド 30 またはその上方の構成（例えばパイロハンマー 40、動力源 50）の移動量を計測する方法と、水面上で巻き上げ機に計測器を配置して水底地盤貫入試験装置 1 を降下ないし揚収する懸垂ロープ 200 の巻き出し量を計測する方法がある。

【0044】

上記の水底地盤貫入試験装置 1 によれば、パイロハンマー 40 を用いた振動によりシ

10

20

30

40

50

ュー装置 10 およびサンプリングチューブ 20 が水底地盤に貫入する。このため、打撃式の標準貫入試験に比べて、水中でも高い貫入性能を発揮し、水底地盤の試料を効率良く採取することができる。

【0045】

さらに、水底地盤貫入試験装置 1 によれば、水底地盤の試料の採取（サンプリング）と、プローブ（計測筒部 13）の貫入による水底地盤の計測ないし評価（サウンディング）を同時に行うことができる。

【0046】

また、水底地盤貫入試験装置 1 は、軟弱な地盤から硬質の地盤まで広い範囲の地盤に適用することが可能である。

【0047】

なお、パイロハンマー 40 は必須の構成ではない。すなわち、調査対象の水底地盤が軟らかく、水底地盤貫入試験装置 1 が自重で貫入すること（自沈）により水底地盤の所望の深さに達することが可能な場合は、パイロハンマー 40 を設けなくてもよい。

【0048】

図 2 に示すように、水底地盤貫入試験装置 1 は、シュー装置 10 およびサンプリングチューブ 20 を鉛直方向にガイドするための架台（やぐら）60 をさらに備えてもよい。これにより、シュー装置 10 およびサンプリングチューブ 20 の鉛直度を確保しやすくなる。また、水底地盤貫入試験装置 1 の深度を把握し易くなる。また、パイロハンマー 40 を使用する場合、動力源 50 などの重量物を架台 60 で安定的に支持することができるようになる。

【0049】

<シュー装置>

次に、図 3 ~ 図 10 を参照して、本実施形態に係るシュー装置 10 について詳しく説明する。図 3 は、シュー装置 10 の側面図である。図 4 (a), 図 4 (b), 図 4 (c) は、計測筒部 13 の、胴筒部 11 からの露出具合が異なるシュー装置 10 の斜視図である。図 5 はシュー装置 10 の一部縦断面図である。なお、図 5 では、仕切板部 12 は図示していない。図 6 (a) は図 5 の I - I 線に沿うシュー装置 10 の断面図であり、図 6 (b) は図 5 の II - II 線に沿うシュー装置 10 の断面図である。

【0050】

シュー装置 10 は、図 3 に示すように、胴筒部 11 と、複数の仕切板部 12 と、計測筒部 13 とを備えている。本実施形態では、いずれの構成要素も、ステンレス等の金属製である。なお、金属以外の材料（石材、セラミック、樹脂等）を用いて、シュー装置 10 の構成要素の少なくとも一部を構成してもよい。

【0051】

胴筒部 11 は、サンプリングチューブ 20 に接続する筒状の部材である。この胴筒部 11 には、貫入の際に水底地盤の試料がサンプリングチューブ 20 に向かって通過するための内部空間が設けられている。すなわち、水底地盤の試料は、胴筒部 11 の内部空間を通過してサンプリングチューブ 20 に格納される。

【0052】

なお、胴筒部 11 の横断面形状は、典型的には円形であるが、これに限らず、例えば、四角形等の多角形、楕円形などであってもよい。

【0053】

また、図 3 および図 5 に示すように、胴筒部 11 の端部 11 e は、テーパ加工されていてもよい。これにより、貫入抵抗を低減させることができる。

【0054】

複数の仕切板部 12 は、胴筒部 11 の中心軸方向に沿って延在する板状の部材である。複数の仕切板部 12 は、胴筒部 11 の内部空間を胴筒部 11 の中心軸（図 5 の中心軸 C 参照）に直交する方向（すなわち、横方向）に区画する。仕切板部 12 は、胴筒部 11 の中心軸方向の全体にわたって設けられてもよいし、胴筒部 11 の先端から途中までの領域に

10

20

30

40

50

のみ設けられてもよい。

【0055】

図3に示すように、複数の仕切板部12は、胴筒部11から露出するように設けられていてもよい。これにより、貫入性能を向上させることができる。

【0056】

本実施形態では、図6(a)および図6(b)に示すように、仕切板部12は、計測筒部13の中心軸から均等な間隔で放射状に4枚設けられている。仕切板部12の枚数は4枚に限られず、図7(a)および図7(b)に示すように、3枚であってもよい。その他、2枚、あるいは5枚以上であってもよい。一般的に言えば、仕切板部12の枚数が増えると貫入抵抗が増加するとともに、摩擦によって試料が胴筒部11の内部空間を通過しづらくなる。一方、仕切板部12の枚数が少ないと、計測筒部13の支持強度が低下する。このような観点から、仕切板部12の枚数は3~4枚程度が好ましい。

10

【0057】

なお、複数の仕切板部12は、放射状に複数枚設けられる場合に限られず、例えば、格子状に設けられてもよいし、互いに平行に所定間隔を空けて設けられてもよい。

【0058】

計測筒部13は、胴筒部11よりも細径であり、複数の仕切板部12により胴筒部11に支持されている。計測筒部13は、胴筒部11と計測筒部13の中心軸が互いに一致するように支持されていることが好ましい。

【0059】

計測筒部13は、その先端にコーン部13aを有している。コーン部13aの先端は、図3に示すように切頭型である。コーン部13aの先端の角度(図5参照)は、例えば30°~90°である。なお、コーン部13aの先端は、尖っていてもよい。また、コーン部13aは、図3に示すような切頭円錐状に限られず、例えば、多角錐の形状でもよい。

20

【0060】

また、胴筒部11の、テーパ加工された端部11eの外周面と、コーン部13aの外周面とが同じ傾きを有するようにしてもよい(図11参照)。これにより、貫入抵抗を低減させることができる。

【0061】

計測筒部13には、水底地盤を試験するためのセンサが1つまたは複数内蔵されている。本実施形態では、センサとして、荷重計が計測筒部13内に設けられている。荷重計は、コーン部13aと計測筒部13との間の接続面における荷重を計測する。荷重計は、例えば、半導体型で、計測筒部13に内蔵可能な小型のものを使用する。

30

【0062】

荷重計でコーン部13aにかかる荷重を計測することにより、貫入抵抗を知ることができる。そして、貫入抵抗値に基づいて水底地盤の剛性(締まり具合、硬さ等)や強度を推定することができる。

【0063】

なお、荷重計の代わりに、または荷重計とともに、加速度計を計測筒部13に設け、3方向の加速度、貫入速度、貫入深さ、および中心軸Cの傾斜のうち少なくとも一つを計測してもよい。ここで、「3方向」とは、中心軸方向(貫入方向)と、中心軸方向に直交する2つの方向のことである。例えば、加速度計は、中心軸をZ軸とし、他の2つの方向をX軸およびY軸としたときのXYZ直交座標系における、各軸方向の加速度を計測する。

40

【0064】

また、水圧計(圧力計)を計測筒部13内に設けて水深、間隙水圧を計測してもよい。水圧計で計測された間隙水圧と、荷重計で計測された貫入抵抗との関係から、水底地盤を評価することが可能である。

【0065】

本実施形態では、計測筒部13のセンサは、バッテリーやメモリを有する自記式センサで

50

ある。このため、通信や電力供給用の配線をシュー装置 10 やサンプリングチューブ 20 に設ける必要がなく、水底地盤貫入試験装置 1 の構成を簡易にすることができる。なお、本発明は、自記式センサに限られるものではなく、遠隔モニタリング可能なセンサを適用してもよい。例えば、無線通信、超音波通信により外部に測定データを送信するセンサを適用してもよい。

【0066】

ここで、図 4 (a) , (b) , (c) を参照して、仕切板部 12 による計測筒部 13 の支持態様について説明する。図 4 (a) は、計測筒部 13 が全て胴筒部 11 から露出するように複数の仕切板部 12 で支持された態様を示している。この場合、高精度な計測が可能で有利であるが、貫入の際に計測筒部 13 が折れて胴筒部 11 から外れ、回収不能になるおそれがある。

10

【0067】

一方、図 4 (b) および図 4 (c) は、計測筒部 13 の少なくとも一部が胴筒部 11 内に入り込んだ状態で支持された態様を示している。この場合、計測筒部 13 が折れて胴筒部 11 から外れてしまう可能性を小さくできる。しかし、胴筒部 11 の内部空間を通過する水底地盤の試料の影響を受けて、センサの計測値の信頼性が低下するおそれがある。

【0068】

貫入性能と計測精度を確保するために、計測筒部 13 は、少なくともコーン部 13 a が胴筒部 11 から露出するように複数の仕切板部 12 により支持されていることが好ましい。コーン部 13 a が胴筒部 11 から露出していることにより、貫入性能を確保することができる。また、コーン部 13 a と計測筒部 13 との間の接続面が胴筒部 11 から露出するため、荷重を正確に計測することができる。

20

【0069】

上記のように、本実施形態に係るシュー装置 10 では、水底地盤を試験するためのセンサが計測筒部 13 に内蔵されている。そして、計測筒部 13 は、少なくともコーン部 13 a が胴筒部 11 から露出するように複数の仕切板部 12 により胴筒部 11 に支持されている。このようにしてセンサがシュー装置 10 の先端に設けられているため、荷重等を正確に計測できる。よって、本実施形態によれば、水底地盤を高い精度で試験することができる。

【0070】

30

さらに、シュー装置 10 では、計測筒部 13 ないしテーパ部 13 b が胴筒部 11 内に設けられるとともに、複数の仕切板部 12 が胴筒部 11 の内部空間を区画するように胴筒部 11 内に設けられている。このため、胴筒部 11 の内部空間の横断面積はサンプリングチューブ 20 の内部空間の横断面積よりも小さくなる。また、仕切板部 12 と水底地盤の試料との間には摩擦力が働く。このため、サンプリングチューブ 20 内に採取された水底地盤の試料が、揚収時に水底地盤貫入試験装置 1 から脱落することを抑制できる。よって、本実施形態によれば、水底地盤の試料を効率良く採取することができる。

【0071】

以上説明したように、本実施形態に係るシュー装置によれば、水底地盤を高い精度で試験しつつ、水底地盤の試料を効率良く採取することができる。

40

【0072】

なお、図 3 ~ 図 5 に示すように、計測筒部 13 は、その後端に、胴筒部 11 の奥側（基端側）にいくにつれて縮径するテーパ部 13 b を有してもよい。このテーパ部 13 b は、例えば、図 5 に示すように、切頭円錐状に形成されている。テーパ部 13 b の形状はこれに限られず、例えば、多角錐の形状でもよいし、切頭ではない錐体の形状でもよい。

【0073】

テーパ部 13 b を設けることにより、胴筒部 11 の内部空間の横断面積はサンプリングチューブ 20 に向かうにつれて徐々に広がる。これにより、採取された試料（土砂）で胴筒部 11 の内部空間が閉塞することを抑制できるとともに、試料がサンプリングチュー

50

ブ 20 内に入りやすくすることができる。さらに、シュー装置 10 の先端側（下側）にいくほど横断面積が狭くなるため、サンプリングチューブ 20 内に採取された試料が水底地盤貫入試験装置 1 から脱落することを効果的に抑制することもできる。

【0074】

上記と同様の効果を得るために、テーパー部 13 b 以外の手段をとることも可能である。例えば、仕切板部 12 の厚みを胴筒部 11 の先端側で厚めにしておき、胴筒部 11 の奥側（基端側）にいくにつれて薄くしてもよい。また、テーパー部 13 b を設けた上で、仕切板部 12 の厚みを上記のように変化させてもよい。

【0075】

なお、仕切板部 12 の厚みを胴筒部 11 の先端側で薄めにしておき、胴筒部 11 の奥側（基端側）にいくにつれて厚くしてもよい。これにより、貫入時に採取された試料（土砂）で胴筒部 11 の内部空間がやや閉塞しやすくなる可能性があるものの、仕切板部 12 による貫入抵抗を減らすことができる。

10

【0076】

ここで、シュー装置 10 に係るいくつかの変形例について説明する。

【0077】

図 4 (a) ~ 図 4 (c) に示すように、胴筒部 11 の先端に切り欠き 11 c が設けられていてもよい。これにより、貫入抵抗を低減させることができる。図 8 は、仕切板部 12 が 4 枚の場合であって、胴筒部 11 に切り欠き 11 c が設けられている場合の、変形例 1 に係るシュー装置 10 の横断面図を示している。同様に、図 9 は、仕切板部 12 が 2 枚の場合であって、胴筒部 11 に切り欠き 11 c が設けられている場合の、変形例 2 に係るシュー装置 10 の横断面図を示している。いずれの場合も、切り欠き 11 c は、隣り合う仕切板部 12 の中間における胴筒部 11 に設けられている。

20

【0078】

図 10 (a) および図 10 (b) は、変形例に係るシュー装置の横断面図を示している。本変形例は、胴筒部 11 が四角筒状の場合であり、胴筒部 11 の先端側において、対向する 2 面が開放されている。このような形状であっても、水底地盤の試料を効率良く採取することができる。

【0079】

次に、水底地盤の試料を採取するための構成の一例について説明する。

30

【0080】

図 11 に示すように、シュー装置 10 とサンプリングチューブ 20 の間に、スリーブケース 21 とスリーブ（採取袋）22 が設けられている。より詳しくは、水底地盤貫入試験装置 1 は、胴筒部 11 の基端側に接続するスリーブケース 21 と、このスリーブケース 21 に設けられたスリーブ 22 と、をさらに備える。

【0081】

スリーブケース 21 は、ショルダー（突起）付き円筒器である。図 11 に示すように、スリーブケース 21 の外周面には、突起 21 a が設けられている。この突起 21 a が胴筒部 11 の上端とサンプリングチューブ 20 の下端に挟み込まれることにより、スリーブケース 21 が胴筒部 11 とサンプリングチューブ 20 の間に固定される。

40

【0082】

スリーブ 22 は、試料を収納するためのビニール袋などの袋状体であり、開放端がスリーブケース 21 に接続され、畳まれた状態でサンプリングチューブ 20 内に格納されている。試料がサンプリングチューブ 20 の下端からスリーブ 22 内に入ってくると、スリーブ 22 は引き出されて上方に伸び、試料を収納する。なお、スリーブ 22 には、スリーブ 22 が伸びる際に内部の空気と水を逃がすための微少な孔が設けられていてもよい。

【0083】

上記のようにスリーブ 22 に水底地盤の試料を収納するようにすることで、採取した試料を乱さずことなく採取することができるとともに、採取された試料を容易に回収することができる。これにより、構造や層厚等の、水底地盤の詳細情報が得られる。さらに、試

50

料の土砂とスリーブ 2 2 との間に摩擦力が働くことで、試料が水底地盤貫入試験装置 1 から外部に脱落することをより抑制することができる。

【 0 0 8 4 】

なお、図 1 2 に示すように、サンプリングチューブ 2 0 の外径をシュー装置 1 0 の外径よりも小さくしてもよい。これにより、サンプリングチューブ 2 0 と水底地盤との間の摩擦を低減することができ、貫入性能を向上させることができる。シュー装置 1 0 とサンプリングチューブ 2 0 の接続については、例えば、サンプリングチューブ 2 0 の下端部分の外周面に雄ネジを設け、シュー装置 1 0 の上端部分の内周面に雌ネジを設け、シュー装置 1 0 とサンプリングチューブ 2 0 を螺合させることで互いに接続する。

【 0 0 8 5 】

< 水底地盤貫入試験方法 >

上記の水底地盤貫入試験装置 1 を用いた水底地盤の貫入試験方法について、図 1 3 のフローチャートに沿って説明する。以下の説明では、海底地盤の場合について説明するが、本実施形態に係る水底地盤貫入試験方法は、湖、沼等、他の水底地盤についても同様に実施可能である。

【 0 0 8 6 】

まず、水底地盤貫入試験の準備を行う（ステップ S 1）。具体的には、海上（船舶上）で水底地盤貫入試験装置 1 を組み立てたり、計測の準備をする。計測の準備として、自記式センサの計測開始タイミングの設定を行う。計測開始タイミングは、例えば、水底地盤貫入試験装置 1 の降下速度や水底地盤の深さに基づいてセンサに設定される。

【 0 0 8 7 】

試験準備の後、海中に水底地盤貫入試験装置 1 を懸垂し、降下させる（ステップ S 2）。そして、海底面の直上（例えば海底面から 1 ~ 2 メートル）で水底地盤貫入試験装置 1 の降下を停止し（ステップ S 3）、シュー装置 1 0 のセンサによる計測および計測値の記録を開始する（ステップ S 4）。ステップ S 3 において水底地盤貫入試験装置 1 の降下を停止するタイミングは、例えば、ウインチから巻き出された懸垂ロープ 2 0 0 の長さ和水深に基づいて決める。センサによる計測は、例えば、1 0 ~ 1 0 0 H z 程度で連続的に行う。

【 0 0 8 8 】

センサによる計測を開始した後、水底地盤貫入試験装置 1 をゆっくり降下させ、海底面に着底させる（ステップ S 5）。着底の後、水底地盤貫入試験装置 1 を自沈させる（ステップ S 6）。

【 0 0 8 9 】

自沈終了後、パイロハンマー 4 0 を作動させて、振動貫入を開始する（ステップ S 7）。そして、所定の時間が経過した後、水底地盤貫入試験装置 1 を引き上げ、海上に揚収する（ステップ S 8）。所定の時間は、例えば、ステップ S 1 においてセンサに設定される。なお、ステップ S 8 では、水圧計で計測された水圧値に基づく水深（貫入深さ）が所定の深さに達したことを確認した後、水底地盤貫入試験装置 1 を引き上げるようにしてもよい。また、ウインチから巻き出される懸垂ロープ 2 0 0 の長さを計測し、その値に基づいて算出される水深値が所定の深さに達したことを確認した後、水底地盤貫入試験装置 1 を引き上げるようにしてもよい。

【 0 0 9 0 】

その後、サンプリングチューブ 2 0 から水底地盤の試料を回収し、シュー装置 1 0 からセンサの記録データを回収する（ステップ S 9）。

【 0 0 9 1 】

本実施形態に係る水底地盤貫入試験方法によれば、水底地盤の試料の採取と、水底地盤の試験とを同時に実施することができる。すなわち、深さ方向に連続した柱状試料をサンプリングチューブ 2 0（スリーブ 2 2）から回収できるとともに、センサの記録データから貫入抵抗等の深度分布を取得し、水底地盤の力学特性を評価することができる。評価結果に基づいて土質柱状図を作成することもできる。

10

20

30

40

50

【0092】

さらに、本実施形態に係る貫入試験方法によれば、パイロハンマーによる振動式貫入を行うため、打撃式の標準貫入試験に比べて貫入性能が高く、短時間で試験を行うことができる。

【0093】

さらに、本実施形態に係る貫入試験方法によれば、調査深さに応じた長さを有するサンプリングチューブを用いることで、標準貫入試験のように所定の区間（深さ）ごとにサンプリングチューブを引き上げることなく、1回の貫入試験により、所望の長さの、深さ方向に連続した試料を採取することができる。よって、水底地盤の試料を効率良く、低コストで採取することができる。

10

【0094】

本実施形態に係る貫入試験方法は、軟弱な地盤から硬質の地盤まで広い範囲の地盤の調査に適用可能である。例えば、軟弱粘性土や緩い砂から、硬質粘性土（ $N < 40$ ）や締まった砂（ $N < 30$ ）まで適用可能である。さらには、軟岩やメタンハイドレート（ $N < 50$ ）にも適用可能である。

【0095】

本実施形態に係る貫入試験方法は、水深についても原理的な制限は特になく、例えば、数メートル～数十メートルの深さから数百メートル超の深さまでの水底地盤の調査に適用可能である。調査深さについては、水底地盤の表層（水底面から数メートル程度）から浅部（水底面から最大数十メートル程度）まで、サンプリングチューブの長さを変えることで対応可能である。特に、水深が比較的深く（例えば10メートル以上）、やぐらを立てて標準貫入試験を行うことが困難な状況においても、水底地盤の試験および試料採取を行うことができる。

20

【0096】

本実施形態に係る貫入試験方法を用いることで、例えば、洋上風力発電の基礎地盤調査、表層型メタンハイドレートの資源調査、熱水鉱床等の海底鉱物資源調査を比較的簡便に短時間かつ経済的に行うことができる。

【0097】

本発明に係る水底地盤貫入試験方法は、陸上地盤における標準貫入試験に相当する、水底地盤における標準的かつ適用性の高い貫入試験方法となり得るものである。

30

【0098】

上記の記載に基づいて、当業者であれば、本発明の追加の効果や種々の変形を想到できるかもしれないが、本発明の態様は、上述した実施形態に限定されるものではない。特許請求の範囲に規定された内容及びその均等物から導き出される本発明の概念的な思想と趣旨を逸脱しない範囲で種々の追加、変更及び部分的削除が可能である。

【符号の説明】

【0099】

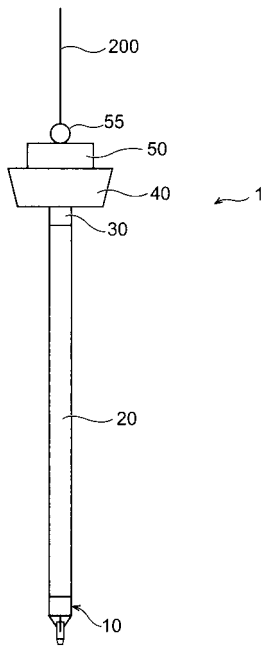
- 1 水底地盤貫入試験装置
- 10 シュー装置
- 11 胴筒部
- 11c 切り欠き
- 11e 端部
- 12 仕切板部
- 13 計測筒部
- 13a コーン部
- 13b テーパー部
- 20 サンプリングチューブ
- 21 スリーブケース
- 21a 突起
- 22 スリーブ

40

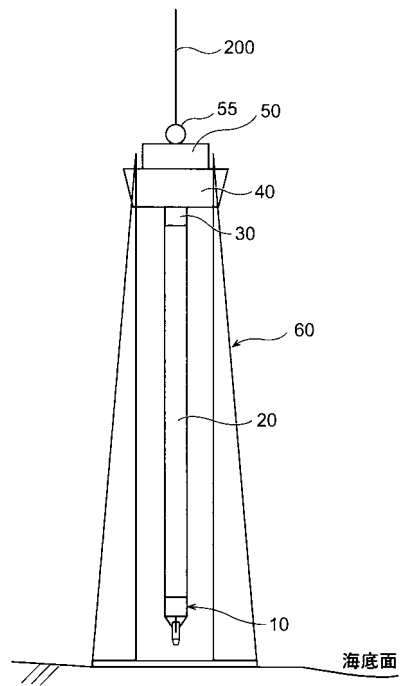
50

- 30 サンプラーヘッド
- 40 バイブロハンマー
- 50 動力源
- 55 吊具
- 60 架台
- 200 懸垂ロープ
- C 中心軸

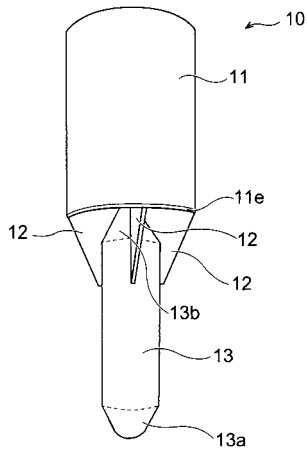
【図1】



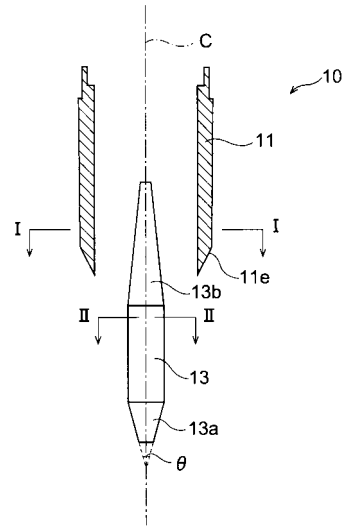
【図2】



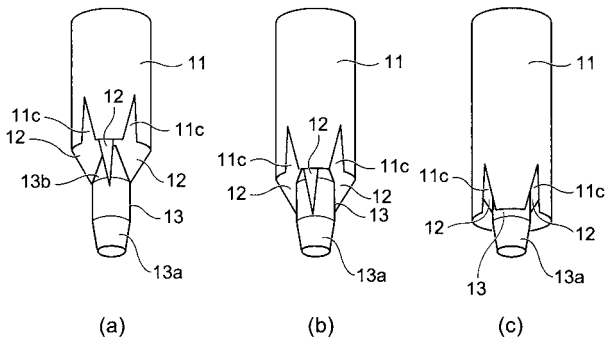
【 図 3 】



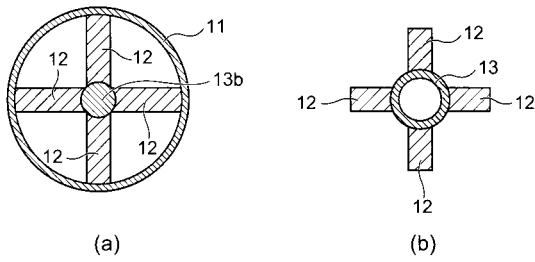
【 図 5 】



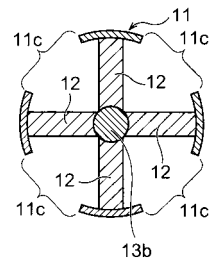
【 図 4 】



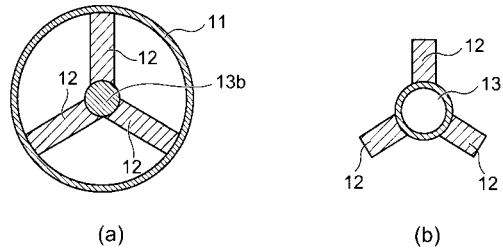
【 図 6 】



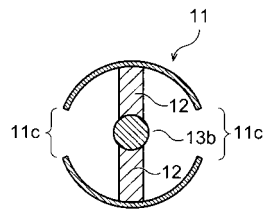
【 図 8 】



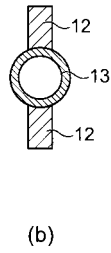
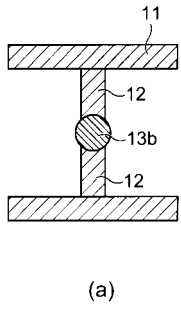
【 図 7 】



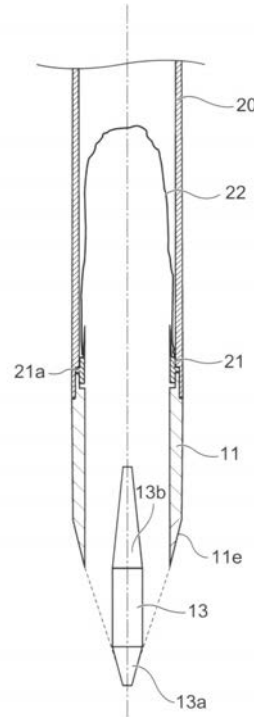
【 図 9 】



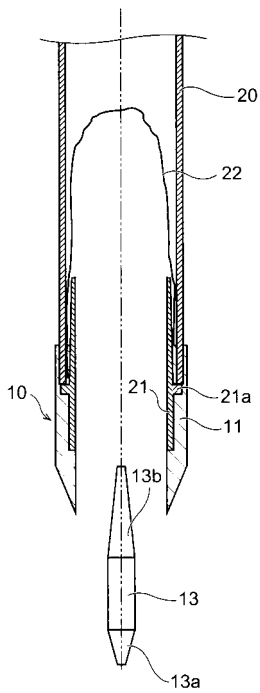
【図10】



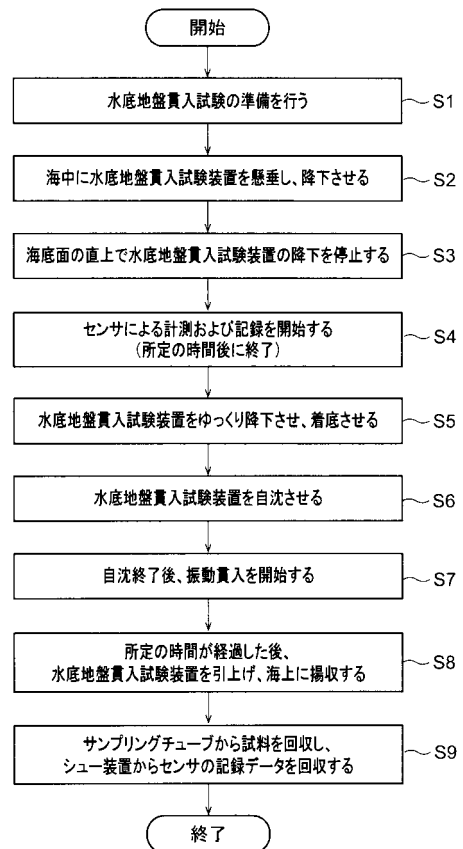
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 谷 和夫

東京都港区港南4 - 5 - 7 国立大学法人東京海洋大学内

(72)発明者 池谷 毅

東京都港区港南4 - 5 - 7 国立大学法人東京海洋大学内

Fターム(参考) 2G052 AA19 AC06 AD14 BA02 BA28 EC08 HA03 HA13 HA18